

Docket No.: 57810-076

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Daijiro INOUE, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 17, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For:		NITRIDE-BASED SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:


In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. 2002-271968, filed September 18, 2002

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: September 17, 2003

57810-070
INOUE et al.
September 17, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-271968

[ST.10/C]:

[JP 2002-271968]

出 願 人

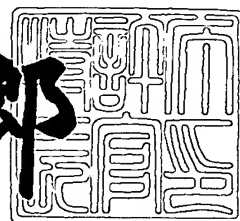
Applicant(s):

三洋電機株式会社

2003年 7月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3053261

【書類名】 特許願

【整理番号】 NPA1020026

【提出日】 平成14年 9月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

 【氏名】 井上 大二郎

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

 【氏名】 野村 康彦

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

 【氏名】 畑 雅幸

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

 【氏名】 狩野 隆司

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

 【氏名】 山口 勤

【特許出願人】

 【識別番号】 000001889

 【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

 【代表者】 桑野 幸徳

【代理人】

【識別番号】 100104433

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮園 博一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 073613

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001887

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された第 1 導電型の第 1 窒化物系半導体層と、
前記第 1 窒化物系半導体層上に形成され、窒化物系半導体層からなる活性層と、
前記活性層上に形成された第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層と、
前記第 2 窒化物系半導体層上に形成されたアンドープコンタクト層と、
前記アンドープコンタクト層上に形成された電極とを備えた、窒化物系半導体
発光素子。

【請求項 2】 前記アンドープコンタクト層のバンドギャップは、前記第 2
窒化物系半導体層のバンドギャップよりも小さい、請求項 1 に記載の窒化物系半
導体発光素子。

【請求項 3】 前記第 1 導電型の第 1 窒化物系半導体層は、n 型の第 1 窒化
物系半導体層であり、

前記第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層は、p 型の第 2 窒化物系半導体層であ
る、請求項 1 または 2 に記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 4】 前記アンドープコンタクト層は、10nm 以下の厚みを有す
る、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 5】 前記第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層は、AlGaIn から
なる第 2 導電型のクラッド層を含む、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の窒化
物系半導体発光素子。

【請求項 6】 前記アンドープコンタクト層は、前記活性層のバンドギャッ
プよりも大きいバンドギャップを有する、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の
窒化物系半導体発光素子。

【請求項 7】 前記アンドープコンタクト層は、InGaIn を含む、請求項
1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 8】 前記活性層と前記第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層との間
に形成され、前記第 2 窒化物系半導体層よりもバンドギャップの小さい窒化物系

半導体からなるアンドープの第3窒化物系半導体層をさらに備える、請求項1～7のいずれか1項に記載の窒化物系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、窒化物系半導体発光素子に関し、特に、基板上に窒化物系半導体層が形成される窒化物系半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) からなる窒化物系半導体を用いられた窒化物系半導体発光ダイオード素子 (LED) や窒化物系半導体レーザ素子 (LD) などの窒化物系半導体発光素子が実用化されている。

【0003】

従来の窒化物系半導体発光素子の基本的な構造は、基板上に、 n 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$) からなる n 型窒化物系半導体層と、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) からなる活性層と、 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 \leq z \leq 1$) からなる p 型窒化物系半導体層とが順次積層されたダブルヘテロ構造である。そして、通常では、 n 側電極とのオーミック接触を実現させるための n 型コンタクト層と、 p 側電極とのオーミック接触を実現させるための p 型コンタクト層とをさらに備えている。また、窒化物系半導体レーザ素子の場合では、活性層を挟むように、 n 型光ガイド層と p 型光ガイド層とを形成することがある。

【0004】

また、上記した窒化物系半導体発光素子の n 型および p 型の窒化物系半導体各層は、窒化物系半導体に n 型キャリア (電子) または p 型キャリア (正孔) を生成する不純物をドーピングすることによって形成される。そして、良好な発光効率を有する窒化物系半導体発光素子を得るには、窒化物系半導体各層において、光吸収を抑制することが必要不可欠となる。しかしながら、 p 型窒化物系半導体を得るためにドーピングされる不純物は、活性化率が低いため、従来では、所定のキャリ

ア濃度を有する p 型窒化物系半導体を得るために、多量の不純物をドーピングする必要があった。この場合、p 型窒化物系半導体に多量の不純物を導入することにより形成される不純物準位によって、小さいバンドギャップを有する p 型コンタクト層や p 型光ガイド層では、光吸収が大きくなるという不都合があった。また、多量の不純物をドーピングすることにより発生する結晶欠陥によっても、光吸収が大きくなるという不都合があった。

【 0 0 0 5 】

そこで、従来では、p 型光ガイド層に代えて、活性層上にアンドープ光ガイド層を形成することにより不純物ドーピングに起因する光吸収を低減させることが可能な窒化物系半導体レーザ素子が提案されている（たとえば、非特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 6 】

【非特許文献 1】

「電子情報通信学会技術研究報告」電子情報通信学会、2 0 0 2 年 6 月 1 5 日、p p . 6 3 - 6 6

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記提案された従来の窒化物系半導体レーザ素子では、p 型コンタクト層での光吸収を防止するための対策がなされていない。すなわち、p 型コンタクト層には、p 側電極とのオーミック接触を実現させるために、多量の不純物がドーピングされている。これにより、上述したアンドープ光ガイド層での光吸収が低減されたとしても、p 型コンタクト層での不純物ドーピングに起因する光吸収を抑制するのが困難である。その結果、窒化物系半導体レーザ素子の発光効率を向上させるのが困難であるという問題点がある。また、p 型コンタクト層を通して光が放出される窒化物系半導体発光ダイオード素子では、p 型コンタクト層での光吸収が大きくなれば、窒化物系半導体発光ダイオード素子の発光特性に与える影響がより大きくなるという問題点がある。

【 0 0 0 8 】

また、p 型コンタクト層での光吸収を抑制する方法として、バンドギャップの

大きい p 型窒化物系半導体層を p 型コンタクト層として用いることによって、p 型コンタクト層での光吸収を生じにくくすることが考えられる。しかしながら、p 型コンタクト層のバンドギャップを大きくすることによって、p 側電極と p 型コンタクト層との界面における障壁が大きくなるので、p 側電極と p 型コンタクト層との間で良好なオーミック接触を実現するのが困難になる。これにより、発光効率がより低下するとともに、駆動電圧が高くなるという問題点が生じる。

【 0 0 0 9 】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、

この発明の 1 つの目的は、コンタクト層での光吸収損失を低減することによって、発光効率を向上させることが可能な窒化物系半導体発光素子を提供することである。

【 0 0 1 0 】

この発明のもう 1 つの目的は、上記の窒化物系半導体発光素子において、発光効率をより向上させるとともに、駆動電圧を低くすることである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

この発明の第 1 の局面による窒化物系半導体発光素子は、基板上に形成された第 1 導電型の第 1 窒化物系半導体層と、第 1 窒化物系半導体層上に形成され、窒化物系半導体層からなる活性層と、活性層上に形成された第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層と、第 2 窒化物系半導体層上に形成されたアンドープコンタクト層と、アンドープコンタクト層上に形成された電極とを備えている。なお、本発明の「アンドープ」は、不純物を意図的にドーピングしていないことを意味する。したがって、不純物が全くドーピングされていない場合のみならず、意図しないで不純物が少量混入している場合も、本発明の「アンドープ」に該当する。

【 0 0 1 2 】

この第 1 の局面による窒化物系半導体素子では、上記のように、アンドープコンタクト層を設けることによって、アンドープコンタクト層には不純物準位が形成されないため、不純物準位に起因する光吸収を防止することができる。また、アンドープコンタクト層には、不純物のドーピングに起因する結晶欠陥がないので、

アンドープコンタクト層は、良好な結晶性を有する。このため、アンドープコンタクト層の結晶欠陥に起因する光吸収も抑制することができる。これにより、アンドープコンタクト層での光吸収損失を低減することができるので、発光効率を向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

上記第 1 の局面による窒化物系半導体発光素子において、好ましくは、アンドープコンタクト層のバンドギャップは、第 2 窒化物系半導体層のバンドギャップよりも小さい。このように構成すれば、アンドープコンタクト層と電極との界面におけるエネルギー障壁が小さくなるので、アンドープコンタクト層と電極とのオーミック接触を実現しやすくすることができる。これにより、より発光効率を向上することができるとともに、駆動電圧を低くすることができる。

【 0 0 1 4 】

上記の場合、好ましくは、第 1 導電型の第 1 窒化物系半導体層は、n 型の第 1 窒化物系半導体層であり、第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層は、p 型の第 2 窒化物系半導体層である。

【 0 0 1 5 】

また、上記の場合、好ましくは、アンドープコンタクト層は、10 nm 以下の厚みを有する。このように構成すれば、アンドープコンタクト層と電極との間のコンタクト抵抗を低減することができるので、アンドープコンタクト層と電極との間で良好なオーミック接触を得ることができる。また、アンドープコンタクト層の抵抗を低減することができる。

【 0 0 1 6 】

上記の場合、好ましくは、第 2 導電型の第 2 窒化物系半導体層は、AlGaIn からなる第 2 導電型のクラッド層を含む。このように構成すれば、第 2 窒化物系半導体層のバンドギャップを容易に大きくすることができるので、第 2 窒化物系半導体層における光吸収を低減することができる。

【 0 0 1 7 】

上記の場合、好ましくは、アンドープコンタクト層は、活性層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有する。なお、活性層が単一材料により構成さ

れる場合では、活性層のバンドギャップは、その材料のバンドギャップを意味する。また、量子井戸構造を有する活性層の場合では、活性層のバンドギャップは、伝導帯および価電子帯に形成される2つの量子準位（基底準位）間のエネルギー差を意味する。このように構成すれば、容易に、アンドープコンタクト層での光吸収を低減することができる。この場合、アンドープコンタクト層は、InGa_Nを含むのが好ましい。このように構成すれば、容易に、アンドープコンタクト層のバンドギャップを第2窒化物系半導体層よりも小さくすることができる。

【0018】

上記の場合、好ましくは、活性層と第2導電型の第2窒化物系半導体層との間に形成され、第2窒化物系半導体層よりもバンドギャップの小さい窒化物系半導体からなるアンドープの第3窒化物系半導体層をさらに備える。このように構成すれば、第3窒化物系半導体層により光の閉じ込め特性などの発光特性を制御することができるとともに、第3窒化物系半導体層での光吸収も抑制することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0020】

（第1実施形態）

図1は、本発明の第1実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子（青色LEDチップ）を示した断面図であり、図2は、図1に示した第1実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の上面図である。まず、図1および図2を参照して、第1実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の構造について説明する。

【0021】

第1実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子では、図1に示すように、サファイア基板1の（0001）面上に、約10nmの膜厚を有するAlGa_Nからなる低温バッファ層2が形成されている。なお、サファイア基板1は、本発明の「基板」の一例である。そして、低温バッファ層2上には、約1μmの

膜厚を有するアンドープGa_{0.85}Nからなる高温バッファ層3が形成されている。高温バッファ層3上には、約5 μ mの膜厚を有するSiがドーピングされたn型Ga_{0.85}Nからなるn型コンタクト層4が形成されている。また、n型コンタクト層4は、一部領域が除去されることによって、凸形状に形成されている。このn型コンタクト層4は、n型クラッド層としての機能も有する。なお、n型コンタクト層4は、本発明の「第1窒化物系半導体層」の一例である。

【0022】

また、n型コンタクト層4の凸部上のほぼ全面と接触するように、約5nmの膜厚を有する6つのアンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}Nからなる障壁層5aと、約5nmの膜厚を有する5つのアンドープIn_{0.35}Ga_{0.65}Nからなる井戸層5bとが交互に積層された多重量子井戸(MQW: Multiple Quantum Well)構造を有するMQW活性層5が形成されている。なお、MQW活性層5は、本発明の「活性層」の一例である。そして、MQW活性層5上には、約10nmの膜厚を有するアンドープGa_{0.85}Nからなる保護層6が形成されている。この保護層6は、MQW活性層5のInが脱離するのを防止することによりMQW活性層5の結晶の劣化を防止する機能を有する。

【0023】

ここで、第1実施形態では、保護層6上に、約0.15 μ mの膜厚を有するとともに、約 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ のドーピング量および約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度を有するMgがドーピングされたp型Al_{0.05}Ga_{0.95}Nからなるp型クラッド層7が形成されている。なお、p型クラッド層7は、本発明の「第2窒化物系半導体層」および「クラッド層」の一例である。また、第1実施形態では、p型クラッド層7上に、約10nm以下の膜厚を有するアンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}Nからなるアンドープコンタクト層8が形成されている。このIn_{0.15}Ga_{0.85}Nからなるアンドープコンタクト層8のバンドギャップは、Al_{0.05}Ga_{0.95}Nからなるp型クラッド層7のバンドギャップよりも小さく、かつ、アンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}NとアンドープIn_{0.35}Ga_{0.65}NとからなるMQW活性層5のバンドギャップよりも大きい。なお、MQW活性層5のバンドギャップは、伝導帯および価電子帯に形成される2つの量子準位(基底準位)間のエネルギー差を

意味し、 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ と $\text{In}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{N}$ とで構成されるMQW活性層5の量子準位間のエネルギー差は、 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層8のバンドギャップよりも小さくなる。

【0024】

図3は、コンタクト層の材料を変化させた場合のコンタクト層の膜厚とコンタクト抵抗との関係を示したグラフである。この図3に示すグラフには、約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度を有するMgがドーピングされたp型Ga_{0.5}N層をコンタクト層として用いた場合のコンタクト抵抗との相対値が示されている。なお、Mgがドーピングされたp型Ga_{0.5}Nは、コンタクト層に標準的に用いられる材料である。

【0025】

図3に示すように、アンドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層8の膜厚を約10nm以下にすることによって、アンドープコンタクト層8のコンタクト抵抗を、Mgがドーピングされたp型Ga_{0.5}Nからなるp型コンタクト層のコンタクト抵抗に近づけることができることがわかる。また、アンドープGa_{0.5}Nからなるアンドープコンタクト層を設けた場合でも、膜厚を約10nm以下にすることによって、ある程度コンタクト抵抗を小さくすることができることがわかる。ただし、アンドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層8の方が、アンドープGa_{0.5}Nからなるアンドープコンタクト層よりもコンタクト抵抗をより小さくすることができる。上記の点を考慮して、第1実施形態では、約10nm以下の膜厚を有するアンドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層8を用いている。なお、アンドープ $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層では、膜厚を約10nm以下にしたとしても、コンタクト抵抗が大きいことがわかる。また、p型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるp型コンタクト層のコンタクト抵抗は、p型Ga_{0.5}Nからなるp型コンタクト層のコンタクト抵抗の約10倍であり、高いことがわかる。

【0026】

また、アンドープコンタクト層8の上面上には、図1および図2に示すように、下から上に向かって、約100nmの膜厚を有するPd膜と、約100nmの膜厚を有するAu膜とから構成されるくし状のp側電極9が形成されている。な

お、p側電極9は、本発明の「電極」の一例である。そして、p側電極9の上面の一部領域には、下から上に向かって、約30nmの膜厚を有するTi膜と、約500nmの膜厚を有するAu膜とから構成されるp側パッド電極10が形成されている。また、n型コンタクト層4の表面上の凸部以外の一部領域には、約500nmの膜厚を有するAlからなるn側電極11が形成されている。

【0027】

第1実施形態では、上記のように、アンドープコンタクト層8を設けることによって、アンドープコンタクト層8には不純物準位が形成されないので、不純物準位に起因する光吸収を防止することができる。また、アンドープコンタクト層8には、不純物のドーピングに起因する結晶欠陥がないので、アンドープコンタクト層8は、良好な結晶性を有する。このため、アンドープコンタクト層8の結晶欠陥に起因する光吸収も抑制することができる。これにより、アンドープコンタクト層8での光吸収損失を低減することができるので、発光効率を向上させることができる。

【0028】

また、第1実施形態では、上記のように、アンドープコンタクト層8のバンドギャップをp型クラッド層7のバンドギャップよりも小さくすることによって、アンドープコンタクト層8とp側電極9との界面におけるエネルギー障壁が小さくなるので、アンドープコンタクト層8とp側電極9とのオーミック接触を実現しやすくすることができる。これにより、より発光効率を向上することができるとともに、駆動電圧を低くすることができる。

【0029】

また、第1実施形態では、上記のように、アンドープコンタクト層8の膜厚を約10nm以下にすることによって、アンドープコンタクト層8とp側電極9との間のコンタクト抵抗を低減することができるので、アンドープコンタクト層8とp側電極9との間で良好なオーミック接触を得ることができる。また、アンドープコンタクト層8の抵抗を低減することができる。

【0030】

また、第1実施形態では、上記のように、p型クラッド層7をMgがドーピングさ

れた p 型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ により形成することによって、p 型クラッド層 7 のバンドギャップを容易に大きくすることができるので、p 型クラッド層 7 における光吸収を低減することができる。さらに、第 1 実施形態では、アンドープコンタクト層 8 を $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ により形成することによって、容易に、アンドープコンタクト層 8 のバンドギャップを p 型クラッド層 7 よりも小さくすることができる。また、上記のように、アンドープコンタクト層 8 のバンドギャップが MQW 活性層 5 のバンドギャップよりも大きくなるので、容易に、アンドープコンタクト層 8 での光吸収を低減することができる。

【0031】

図 4 および図 5 は、図 1 および図 2 に示した第 1 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。次に、図 1、図 2、図 4 および図 5 を参照して、第 1 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスについて説明する。

【0032】

まず、図 4 に示すように、MOVPE 法 (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy: 有機金属気相成長法) を用いて、サファイア基板 1 上に、低温バッファ層 2、高温バッファ層 3、n 型コンタクト層 4、MQW 活性層 5、保護層 6、p 型クラッド層 7 およびアンドープコンタクト層 8 を順次成長させる。

【0033】

具体的には、サファイア基板 1 を約 600°C の非単結晶成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス (H_2 : 約 50%) と、 NH_3 、トリメチルアルミニウム (TMA1) およびトリメチルガリウム (TMGa) からなる原料ガスとを用いて、サファイア基板 1 の (0001) 面上に、約 10nm の膜厚を有する AlGaN からなる低温バッファ層 2 を成長させる。

【0034】

次に、基板温度を約 1150°C の単結晶成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス (H_2 : 約 50%) と、 NH_3 および TMGa からなる原料ガスとを用いて、約 $1\mu\text{m/h}$ の成長速度で、低温バッファ層 2 上に、約

1 μm の膜厚を有するアンドープGa_{0.95}Nからなる高温バッファ層3を成長させる。

【0035】

次に、基板温度を約1150℃の単結晶成長温度に保持した状態で、H₂およびN₂からなるキャリアガス（H₂:約50%）と、NH₃およびTMGaからなる原料ガスと、SiH₄からなるドーパントガスとを用いて、約3 $\mu\text{m}/\text{h}$ の成長速度で、高温バッファ層3上に、約5 μm の膜厚を有するSiがドーブされたn型Ga_{0.95}Nからなるn型コンタクト層4を成長させる。

【0036】

次に、基板温度を約850℃の単結晶成長温度に保持した状態で、H₂およびN₂からなるキャリアガス（H₂:約1%～約5%）と、NH₃、トリエチルガリウム（TEGa）およびトリメチルインジウム（TMIn）からなる原料ガスとを用いて、約0.4 nm/sの成長速度で、n型コンタクト層4上に、約5 nmの膜厚を有する6つのアンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}Nからなる障壁層5aと、約5 nmの膜厚を有する5つのアンドープIn_{0.35}Ga_{0.65}Nからなる井戸層5bとを交互に成長させる。これにより、n型コンタクト層4上にMQW活性層5が形成される。続いて、MQW活性層5上に、約0.4 nm/sの成長速度で、約10 nmの膜厚を有するアンドープGa_{0.95}Nからなる保護層6を成長させる。

【0037】

次に、基板温度を約1150℃の単結晶成長温度に保持した状態で、H₂およびN₂からなるキャリアガス（H₂:約1%～約3%）と、NH₃、TMGaおよびTMAIからなる原料ガスと、シクロペンタジエニルマグネシウム（Cp₂Mg）からなるドーパントガスとを用いて、約3 $\mu\text{m}/\text{h}$ の成長速度で、保護層6上に、約0.15 μm の膜厚を有するとともに、約 $3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ のドーピング量および約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のキャリア濃度を有するMgがドーブされたp型Al_{0.05}Ga_{0.95}Nからなるp型クラッド層7を成長させる。

【0038】

この際、キャリアガスのH₂組成を約1%～約3%と低くすることによって、ドーパントとしてのMgを活性化させることができるので、高いキャリア濃度を

有する p 型クラッド層 7 を得ることができる。

【0039】

次に、基板温度を約 850℃ の単結晶成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス (H_2 : 約 1% ~ 約 5%) と、 NH_3 、TMGa および TMI n からなる原料ガスとを用いて、約 3 $\mu m/h$ の成長速度で、p 型クラッド層 7 上に、約 10 nm 以下の膜厚を有するアンドープ $In_{0.15}Ga_{0.85}N$ からなるアンドープコンタクト層 8 を成長させる。

【0040】

そして、図 5 に示すように、反応性イオンビームエッチング (RIE) 法などを用いて、アンドープコンタクト層 8、p 型クラッド層 7、保護層 6、MQW 活性層 5 および n 型コンタクト層 4 の一部領域を除去することにより、n 型コンタクト層 4 の一部領域を露出させる。

【0041】

次に、図 1 および図 2 に示したように、真空蒸着法などを用いて、アンドープコンタクト層 8 の上面上に、下から上に向かって、約 100 nm の膜厚を有する Pd 膜と、約 100 nm の膜厚を有する Au 膜とから構成されるくし状の p 側電極 9 を形成する。その p 側電極 9 の上面上の一部領域に、下から上に向かって、約 30 nm の膜厚を有する Ti 膜と、約 500 nm の膜厚を有する Au 膜とから構成される p 側パッド電極 10 を形成する。また、n 型コンタクト層 4 の露出された表面上に、約 500 nm の膜厚を有する Al からなる n 側電極 11 を形成する。

【0042】

その後、約 600℃ の温度で熱処理することによって、p 側電極 9 および n 側電極 11 を、それぞれ、アンドープコンタクト層 8 および n 型コンタクト層 4 にオーミック接触させる。

【0043】

最後に、スクライブ、ダイシングおよびブレーキングなどの方法を用いて、たとえば、一辺の長さが約 400 μm のほぼ正方形のチップ形状になるように素子分離を行う。このようにして、第 1 実施形態の窒化物系半導体発光ダイオード素

子が形成される。

【0044】

さらに、上記のように形成された第1実施形態の窒化物系半導体発光ダイオード素子（青色LEDチップ）をフレーム（図示せず）に固定した後、それらを覆うように、樹脂を200℃前後の温度で硬化させることによって、第1実施形態の青色LEDチップを含むLEDランプを作製してもよい。

【0045】

（第2実施形態）

図6は、本発明の第2実施形態による窒化物系半導体レーザ素子（LDチップ）を示した断面図である。図6を参照して、この第2実施形態では、窒化物系半導体発光ダイオード素子に本発明を適用した第1実施形態と異なり、窒化物系半導体レーザ素子に本発明を適用した例について説明する。

【0046】

この第2実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、図6に示すように、(0001)Ga面を表面とする酸素がドーピングされたn型GaN基板21上に、約1μmの膜厚を有するSiがドーピングされたn型GaN層22が形成されている。n型GaN層22上には、約1μmの膜厚を有するSiがドーピングされたn型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nからなるn型クラッド層23が形成されている。なお、n型GaN基板21は、本発明の「基板」の一例であり、n型GaN層22およびn型クラッド層23は、本発明の「第1窒化物系半導体層」の一例である。

【0047】

また、n型クラッド層23上には、約100nmの膜厚を有するn型GaNからなるn型光ガイド層24が形成されている。そして、n型光ガイド層24上には、約15nmの膜厚を有する4つのアンドープIn_{0.05}Ga_{0.95}Nからなる障壁層25aと、約4nmの膜厚を有する3つのアンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる井戸層25bとが交互に積層された多重量子井戸構造を有するMQW活性層25が形成されている。

【0048】

ここで、第2実施形態では、MQW活性層25上に、約20nmの膜厚を有す

るアンドープ $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ からなる保護層 26 が形成されている。この保護層 26 は、MQW 活性層 25 の In が脱離するのを防止することにより MQW 活性層 25 の結晶の劣化を防止する機能を有する。また、保護層 26 上には、約 100 nm の膜厚を有するアンドープ GaN からなる光ガイド層 27 が形成されている。そして、アンドープ GaN からなる光ガイド層 27 は、後述する $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる p 型クラッド層 28 のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する。なお、光ガイド層 27 は、本発明の「第 3 窒化物系半導体層」の一例である。

【0049】

そして、光ガイド層 27 上には、約 280 nm の膜厚を有するとともに、中央部付近に約 1.5 μm の幅を有するストライプ状の凸部（リッジ部）を有する Mg がドーパされた p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる p 型クラッド層 28 が形成されている。なお、p 型クラッド層 28 は、本発明の「第 2 窒化物系半導体層」および「クラッド層」の一例である。

【0050】

ここで、第 2 実施形態では、p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる p 型クラッド層 28 の凸部上に、約 5 nm の膜厚を有するアンドープ $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層 29 が形成されている。このアンドープコンタクト層 29 のバンドギャップは、p 型クラッド層 28 のバンドギャップよりも小さく、かつ、MQW 活性層 25 のバンドギャップよりも大きい。なお、MQW 活性層 25 のバンドギャップは、伝導帯および価電子帯に形成される 2 つの量子準位（基底準位）間のエネルギー差を意味し、 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ と $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ とで構成される MQW 活性層 25 の量子準位間のエネルギー差は、 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなるアンドープコンタクト層 29 のバンドギャップよりも小さくなる。

【0051】

また、p 型クラッド層 28 の表面とアンドープコンタクト層 29 の側面とを覆うように、 SiO_2 からなる絶縁膜 30 が形成されている。そして、アンドープコンタクト層 29 上には、下から上に向かって、 Pd 膜と、 Pt 膜と、 Au 膜とから構成される p 側電極 31 が形成されている。なお、p 側電極 31 は、本発明

の「電極」の一例である。また、絶縁膜 3 0 の表面と p 側電極 3 1 の表面とを覆うように、p 側パッド電極 3 2 が形成されている。そして、n 型 GaN 基板 2 1 の裏面上には、n 型 GaN 基板 2 1 の裏面に近い側から、Ti 膜と、Pt 膜と、Au 膜とから構成される n 側電極 3 3 が形成されている。

【 0 0 5 2 】

第 2 実施形態では、上記のように、アンドープコンタクト層 2 9 を設けることによって、アンドープコンタクト層 2 9 には不純物準位が形成されないのので、不純物準位に起因する光吸収を防止することができる。また、アンドープコンタクト層 2 9 には、不純物のドーピングに起因する結晶欠陥がないので、良好な結晶性を有する。このため、アンドープコンタクト層 2 9 の結晶欠陥に起因する光吸収も抑制することができる。これにより、アンドープコンタクト層 2 9 での光吸収損失を低減することができるので、発光効率を向上させることができる。

【 0 0 5 3 】

また、第 2 実施形態では、上記のように、アンドープコンタクト層 2 9 のバンドギャップを p 型クラッド層 2 8 のバンドギャップよりも小さくすることによって、アンドープコンタクト層 2 9 と p 側電極 3 1 との界面におけるエネルギー障壁が小さくなるので、アンドープコンタクト層 2 9 と p 側電極 3 1 とのオーミック接触を実現しやすくすることができる。

【 0 0 5 4 】

また、第 2 実施形態では、上記のように、p 型クラッド層 2 8 を Mg がドーピングされた p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ により形成することによって、p 型クラッド層 2 8 のバンドギャップを容易に大きくすることができるので、p 型クラッド層 2 8 における光吸収を容易に低減することができる。さらに、第 2 実施形態では、アンドープコンタクト層 2 9 を $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ により形成することによって、容易に、アンドープコンタクト層 2 9 のバンドギャップを p 型クラッド層 2 8 よりも小さくすることができる。また、上記のように、アンドープコンタクト層 2 9 のバンドギャップが MQW 活性層 2 5 のバンドギャップよりも大きくなるので、容易に、アンドープコンタクト層 2 9 での光吸収を低減することができる。

【 0 0 5 5 】

また、第2実施形態では、上記のように、MQW活性層25とp型クラッド層28との間に、p型クラッド層28のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有するアンドープの光ガイド層27を設けることによって、光ガイド層27により光の閉じ込め特性などの発光特性を制御することができるとともに、光ガイド層27での光吸収も抑制することができる。

【0056】

図7～図9は、図6に示した第2実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための断面図である。次に、図6～図9を参照して、第2実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスについて説明する。

【0057】

まず、図7に示すように、MOVPE法を用いて、(0001)Ga面を表面とする酸素がドーピングされたn型GaN基板21上に、n型GaN層22、n型クラッド層23、n型光ガイド層24、MQW活性層25、保護層26、光ガイド層27、p型クラッド層28およびアンドープコンタクト層29を順次成長させる。

【0058】

具体的には、n型GaN基板21を約1150℃の成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス(H_2 :約50%)と、 NH_3 およびTMGaからなる原料ガスと、 SiH_4 からなるドーパントガスとを用いて、約3 $\mu m/h$ の成長速度で、(0001)Ga面を表面とする酸素がドーピングされたn型GaN基板21上に、約1 μm の膜厚を有するSiがドーピングされたn型GaN層22を成長させる。

【0059】

次に、基板温度を約1150℃の成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス(H_2 :約50%)と、 NH_3 、TMGaおよびTMA1からなる原料ガスと、 SiH_4 からなるドーパントガスとを用いて、約3 $\mu m/h$ の成長速度で、n型GaN層22上に、約1 μm の膜厚を有するSiがドーピングされたn型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ からなるn型クラッド層23を成長させる。続いて、n型クラッド層23上に、約3 $\mu m/h$ の成長速度で、約100nmの膜厚を有

する n 型 GaN からなる n 型光ガイド層 24 を成長させる。

【0060】

次に、基板温度を約 850℃ の成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス (H_2 : 約 1% ~ 約 5%) と、 NH_3 、TEGa および TMIn からなる原料ガスとを用いて、約 0.4 nm/s の成長速度で、n 型光ガイド層 24 上に、約 15 nm の膜厚を有する 4 つのアンドープ $In_{0.05}Ga_{0.95}N$ からなる障壁層 25a と、約 4 nm の膜厚を有する 3 つのアンドープ $In_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなる井戸層 25b とを交互に成長させる。これにより、n 型光ガイド層 24 上に、MQW 活性層 25 が形成される。続いて、MQW 活性層 25 上に、約 0.4 nm/s の成長速度で、約 20 nm の膜厚を有するアンドープ $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$ からなる保護層 26 を成長させる。

【0061】

次に、基板温度を約 1150℃ の成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス (H_2 : 約 1% ~ 約 3%) と、 NH_3 および TMGa からなる原料ガスとを用いて、約 3 $\mu m/h$ の成長速度で、保護層 26 上に、約 100 nm の膜厚を有するアンドープ GaN からなる光ガイド層 27 を成長させる。さらに、TMAI からなる原料ガスを加えるとともに、 Cp_2Mg からなるドーパントガスを加えて、光ガイド層 27 上に、約 3 $\mu m/h$ の成長速度で、約 280 nm の膜厚を有する Mg がドーパされた p 型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ からなる p 型クラッド層 28 を成長させる。

【0062】

この際、キャリアガスの H_2 組成を約 1% ~ 約 3% と低くすることによって、ドーパントとしての Mg を活性化させることができるので、高いキャリア濃度を有する p 型クラッド層 28 を得ることができる。

【0063】

次に、基板温度を約 850℃ の成長温度に保持した状態で、 H_2 および N_2 からなるキャリアガス (H_2 : 約 1% ~ 約 5%) と、 NH_3 、TEGa および TMIn からなる原料ガスとを用いて、約 3 $\mu m/h$ の成長速度で、p 型クラッド層 28 上に、約 5 nm の膜厚を有するアンドープ $In_{0.05}Ga_{0.95}N$ からなるアンドー

ブコンタクト層 2 9 を成長させる。

【 0 0 6 4 】

そして、図 8 に示すように、真空蒸着法およびリソグラフィ技術を用いて、アンドープコンタクト層 2 9 上の中央部付近に、下から上に向かって、P d 膜と、P t 膜と、A u 膜とから構成される p 側電極 3 1 を、約 1 . 5 μ m の幅を有するストライプ状に形成する。

【 0 0 6 5 】

この後、図 9 に示すように、反応性イオンビームエッチング法などを用いて、p 側電極 3 1 をマスクとして、アンドープコンタクト層 2 9 および p 型クラッド層 2 8 の一部領域を除去する。これにより、電流注入領域となる凸部（リッジ部）が形成される。

【 0 0 6 6 】

次に、プラズマ C V D 法（C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n : 化学的気相堆積法）を用いて、p 型クラッド層 2 8 の表面とアンドープコンタクト層 2 9 の表面と p 側電極 3 1 の表面とを覆うように、S i O ₂ からなる絶縁膜（図示せず）を形成した後、p 側電極 3 1 の表面上の絶縁膜を除去することによって、図 6 に示すような形状を有する絶縁膜 3 0 が得られる。そして、絶縁膜 3 0 の表面と p 側電極 3 1 の表面とを覆うように、p 側パッド電極 3 2 を形成する。

【 0 0 6 7 】

最後に、n 型 G a N 基板 2 1 を所定の厚み（たとえば、約 1 0 0 μ m）になるまで研磨した後、真空蒸着法を用いて、n 型 G a N 基板 2 1 の裏面上に、n 型 G a N 基板 2 1 の裏面に近い側から、T i 膜と、P t 膜と、A u 膜とから構成される n 側電極 3 3 を形成する。このようにして、第 2 実施形態の窒化物系半導体レーザー素子が形成される。

【 0 0 6 8 】

（第 3 実施形態）

図 1 0 は、本発明の第 3 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子（青色 L E D チップ）を示した断面図である。図 1 0 を参照して、この第 3 実施形

態では、上記第 1 実施形態において形成された高温バッファ層 3 に代えて、より低転位のアンドープ GaN 層 4 4 を形成した例について説明する。なお、その他の構成は、第 1 実施形態と同様である。

【0069】

すなわち、第 3 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子では、図 1 0 に示すように、サファイア基板 4 1 の (0001) 面上に、約 10 nm ～ 約 1 0 0 0 nm の膜厚を有する SiN からなる断面が逆メサ形状（逆台形状）のマスク層 4 2 が、約 7 μ m の周期でストライプ状（細長状）に形成されている。なお、サファイア基板 4 1 は、本発明の「基板」の一例である。そして、マスク層 4 2 は、隣接するマスク層 4 2 間の最短距離が、マスク層 4 2 間に露出したサファイア基板 4 1 の幅よりも小さくなるように形成されている。

【0070】

また、マスク層 4 2 間に露出したサファイア基板 4 1 上には、約 10 nm ～ 約 5 0 nm の膜厚を有する AlGaIn または GaIn からなる低温バッファ層 4 3 が形成されている。そして、低温バッファ層 4 3 上およびマスク層 4 2 上には、選択横方向成長を用いて、マスク層 4 2 間を埋め込むように、約 2 μ m の膜厚を有する低転位のアンドープ GaN 層 4 4 が形成されている。

【0071】

そして、アンドープ GaN 層 4 4 から上に形成されている n 型コンタクト層 4、MQW 活性層 5、保護層 6、p 型クラッド層 7、アンドープコンタクト層 8、p 側電極 9、p 側パッド電極 1 0 および n 側電極 1 1 の膜厚および組成は、図 1 に示した第 1 実施形態と同様である。

【0072】

第 3 実施形態では、上記のように、第 1 実施形態の高温バッファ層 3（図 1 参照）よりも低転位のアンドープ GaN 層 4 4 上に、窒化物系半導体各層（4 ～ 8）を形成することによって、窒化物系半導体各層（4 ～ 8）に結晶欠陥が発生するのをより抑制することができる。これにより、結晶欠陥がより低減された窒化物系半導体各層（4 ～ 8）を形成することができるので、結晶欠陥に起因する光吸収をより抑制することができる。その結果、より発光効率の高い青色 LED チ

ップを形成することができる。

【0073】

なお、第3実施形態のその他の効果は、第1実施形態と同様である。

【0074】

図11～図13は、図10に示した第3実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。次に、図10～図13を参照して、第3実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスについて説明する。

【0075】

まず、図11に示すように、サファイア基板41上の全面にSiN膜（図示せず）を形成した後、そのSiN膜の所定領域上にレジスト（図示せず）を形成する。そして、そのレジストをマスクとして、SiN膜をウェットエッチングすることによって、ストライプ状のマスク層42を形成する。このマスク層42は、オーバーハング部42aを有するように、逆メサ形状（逆台形状）に形成されている。また、マスク層42の開口部は、たとえば、サファイア基板41の[11-20]方向またはサファイア基板41の[1-100]方向に形成するのが好ましい。この後、マスク層42間に露出したサファイア基板41上に、約500℃～約700℃の成長温度で、約10nm～約50nmの膜厚を有するAlGaNまたはGaNからなる低温バッファ層43を成長させる。

【0076】

次に、MOVPE法またはHVPE法（Hydride Vapor Phase Epitaxy：ハライド気相成長法）などを用いて、マスク層42を選択成長マスクとして、低温バッファ層43上に、約950℃～約1200℃の成長温度で、アンドープGaN層44（図13参照）を横方向成長させる。この場合、露出された低温バッファ層43の上面上において、アンドープGaN層44は、まず、上方向に成長する。これにより、図12に示すように、成長初期の段階から、マスク層42間の中央部付近に、断面が三角形状のファセット構造のアンドープGaN層44aが成長される。また、マスク層42のオーバーハング部42aの下方には、アンドープGaN層44aよりも小さいファセット構造のア

ンドープGaN層44bが形成される。さらに、アンドープGaN層44aおよび44bからなるファセットの成長が進むと、各アンドープGaN層44aおよび44bは、横方向に成長して合体するとともに、マスク層42上にも成長される。これにより、図13に示すように、約 $2\mu\text{m}$ の膜厚を有する上面が平坦な連続膜からなるアンドープGaN層44が形成される。

【0077】

このように、アンドープGaN層44は、成長初期の段階から横方向に成長するので、アンドープGaN層44に発生する転位が成長初期の段階から横方向に曲げられる。これにより、より薄い厚みで、転位密度が約 $7 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ に低減されたアンドープGaN層44を形成することができる。

【0078】

この後、第1実施形態と同様の製造プロセスを用いて、アンドープGaN層44上に、図10に示したような、n型コンタクト層4、MQW活性層5、保護層6、p型クラッド層7およびアンドープコンタクト層8を順次形成した後、アンドープコンタクト層8からn型コンタクト層4の一部領域を除去する。そして、アンドープコンタクト層8上に、p側電極9およびp側パッド電極10を順次形成する。この後、n型コンタクト層4の露出された表面上に、n側電極11を形成する。

【0079】

最後に、スクライブ、ダイシングおよびブレーキングなどの方法を用いて、たとえば、一辺の長さが約 $400\mu\text{m}$ のほぼ正方形のチップ形状になるように素子分離を行う。このようにして、第3実施形態の窒化物系半導体発光ダイオード素子が形成される。

【0080】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【0081】

たとえば、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、基板として、サファイア基板および n 型 GaN 基板を用いるようにしたが、本発明はこれに限らず、スピネル基板、 Si 基板、 SiC 基板、 $GaAs$ 基板、 GaP 基板、 InP 基板、水晶基板および ZrB_2 基板などを用いてもよい。

【 0 0 8 2 】

また、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、アンドープ $InGaN$ の単層からなるアンドープコンタクト層を形成するようにしたが、本発明はこれに限らず、活性層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有する $InGaN$ などからなる層を少なくとも 1 層含む超格子で形成するようにしてもよい。たとえば、超格子の構成としては、数 nm の膜厚を有する $In_xGa_{1-x}N$ からなる層と数 nm の膜厚を有する $In_yGa_{1-y}N$ ($x > y > 0$) からなる層との積層構造や、数 nm の膜厚を有する $InGaN$ からなる層と数 nm の膜厚を有する $AlGaN$ (GaN を含む) からなる層との積層構造などが考えられる。

【 0 0 8 3 】

また、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、窒化物系半導体の各層の表面が (0001) 面になるように積層したが、本発明はこれに限らず、窒化物系半導体の各層の表面が他の方向になるように積層してもよい。たとえば、窒化物系半導体の各層の表面が (1-100) や (11-20) 面などの (H, K, -H-K, 0) 面になるように積層してもよい。この場合、MQW 活性層内にピエゾ電場が発生しないので、井戸層のエネルギーバンドの傾きに起因する正孔と電子との再結合確率の低下を抑制することができる。その結果、MQW 活性層の発光効率を向上することができる。

【 0 0 8 4 】

また、上記第 1 ～ 第 3 実施形態では、活性層として多重量子井戸 (MQW) 構造を用いる例を示したが、本発明はこれに限らず、量子効果を有しない厚膜の単層または単一量子井戸構造であっても同様の効果を得ることができる。

【 0 0 8 5 】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、コンタクト層での光吸収損失を低減すること

によって、発光効率を向上させることが可能な窒化物系半導体素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子（青色 L E D チップ）を示した断面図である。

【図 2】

図 1 に示した第 1 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の上面図である。

【図 3】

図 1 に示した第 1 実施形態によるコンタクト層の材料を変化させた場合のコンタクト層の膜厚とコンタクト抵抗との関係を示したグラフである。

【図 4】

図 1 および図 2 に示した第 1 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 5】

図 1 および図 2 に示した第 1 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 6】

本発明の第 2 実施形態による窒化物系半導体レーザ素子（L D チップ）を示した断面図である。

【図 7】

図 6 に示した第 2 実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 8】

図 6 に示した第 2 実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 9】

図 6 に示した第 2 実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを

説明するための断面図である。

【図 1 0】

本発明の第 3 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子（青色 L E D チップ）を示した断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示した第 3 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 1 2】

図 1 0 に示した第 3 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 1 3】

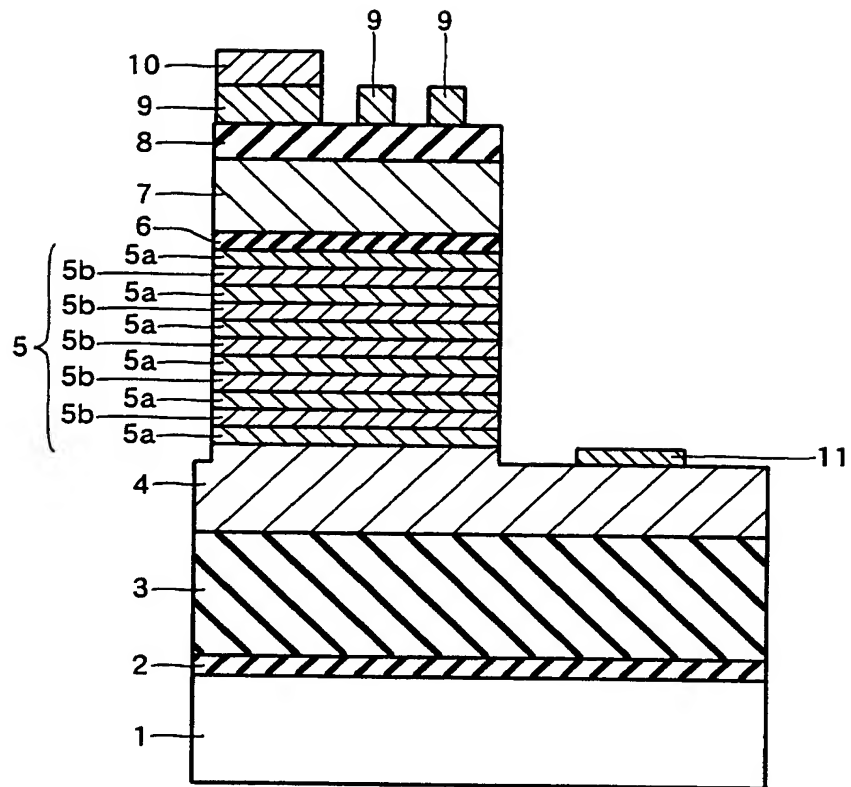
図 1 0 に示した第 3 実施形態による窒化物系半導体発光ダイオード素子の製造プロセスを説明するための断面図である。

【符号の説明】

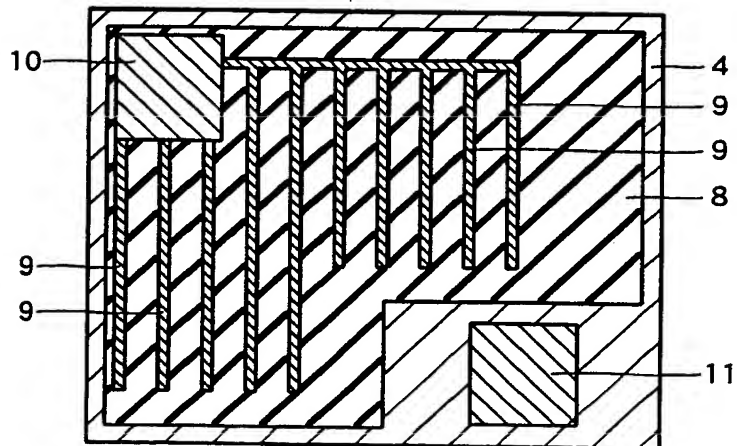
- 1、4 1 サファイア基板（基板）
- 4 n 型コンタクト層（第 1 窒化物系半導体層）
- 5、2 5 MQW 活性層（活性層）
- 7、2 8 p 型クラッド層（第 2 窒化物系半導体層、クラッド層）
- 8、2 9 アンドープコンタクト層
- 9、3 1 p 側電極（電極）
- 2 1 n 型 G a N 基板（基板）
- 2 2 n 型 G a N 層（第 1 窒化物系半導体層）
- 2 3 n 型クラッド層（第 1 窒化物系半導体層）
- 2 4 n 型光ガイド層 2 4
- 2 7 光ガイド層（第 3 窒化物系半導体層）

【書類名】 図面

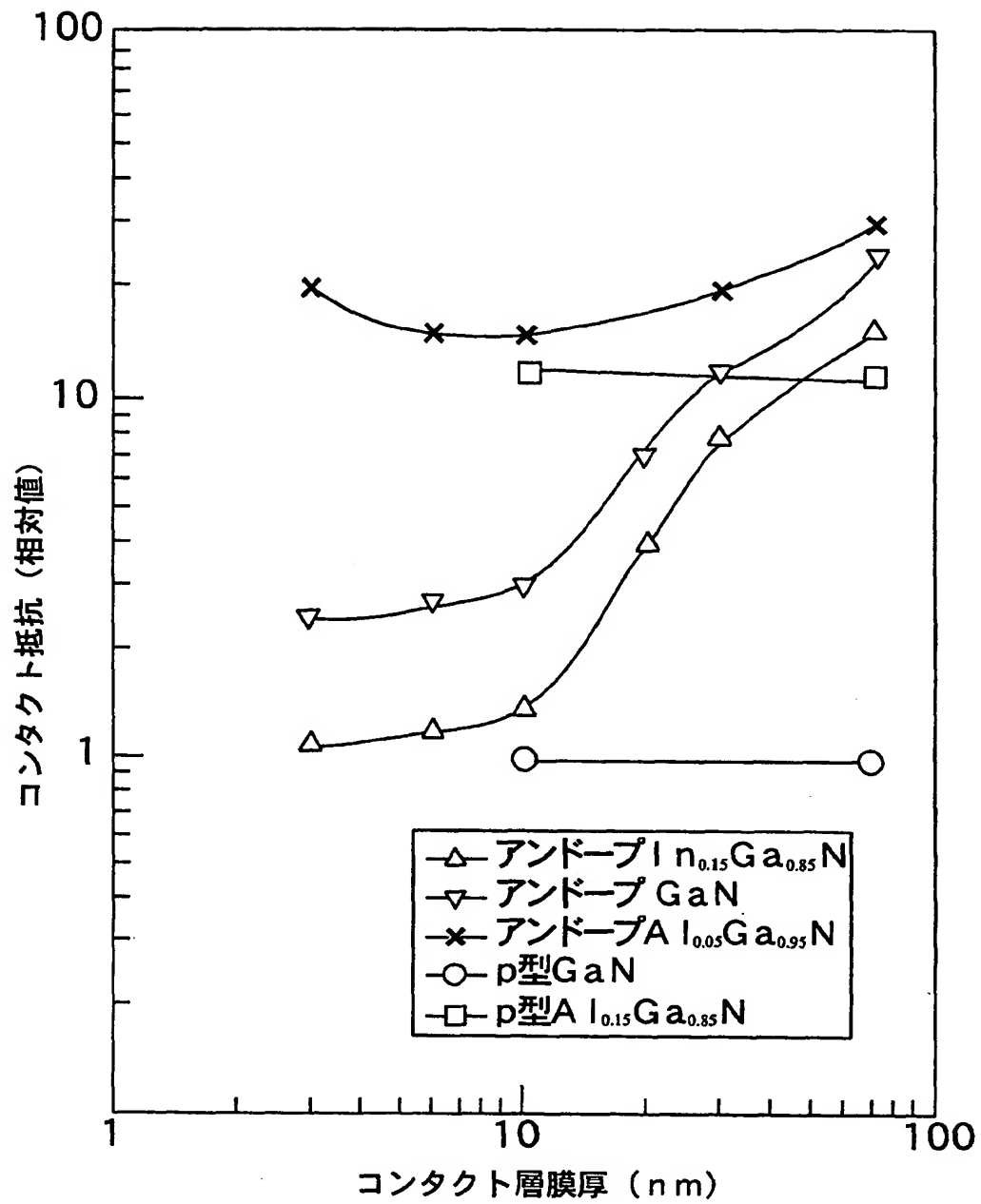
【図 1】



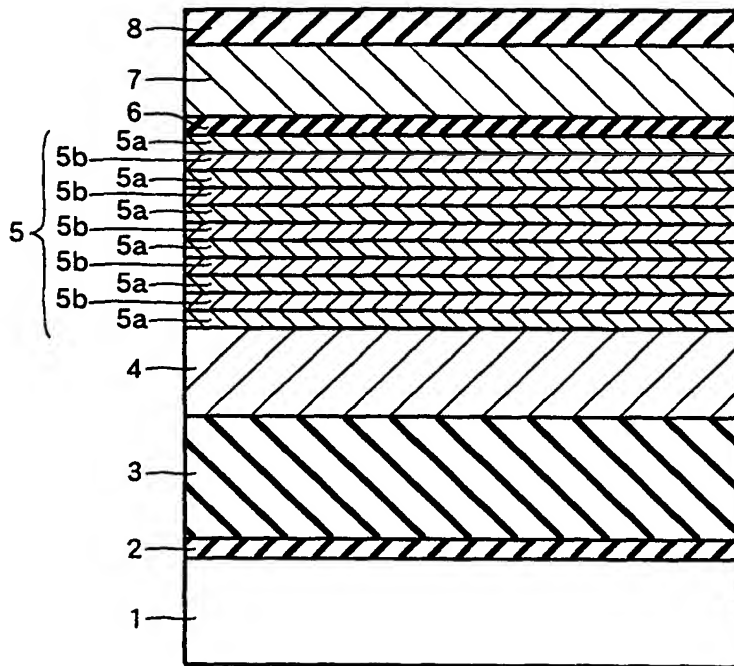
【図 2】



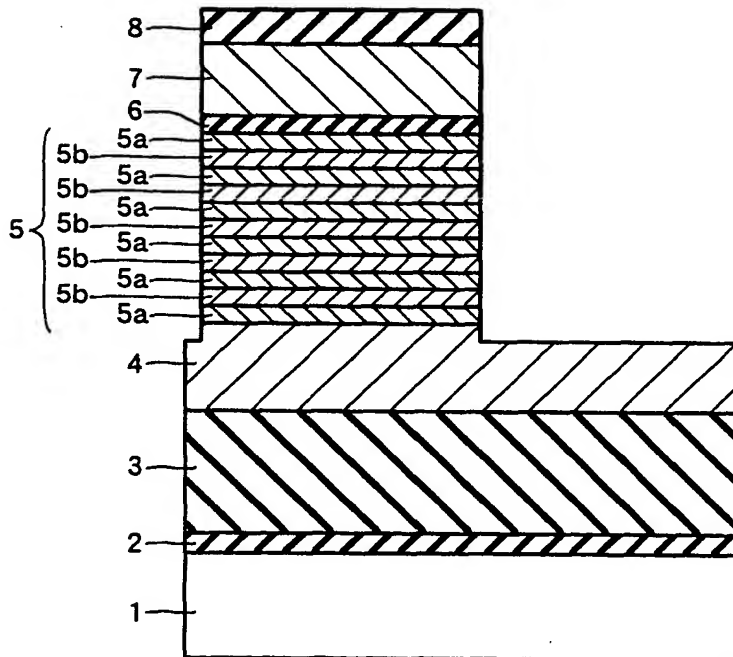
【図 3】



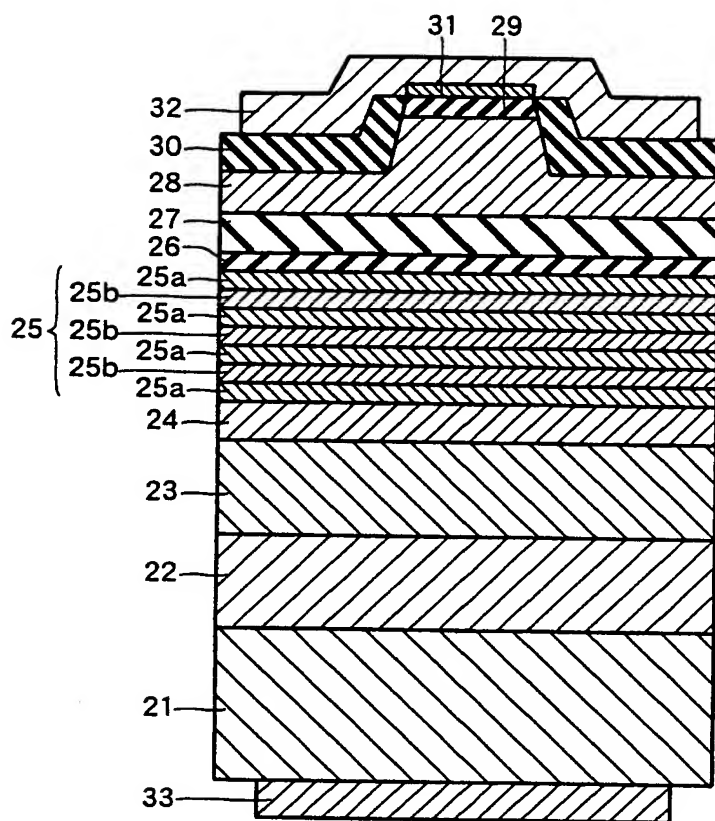
【図 4】



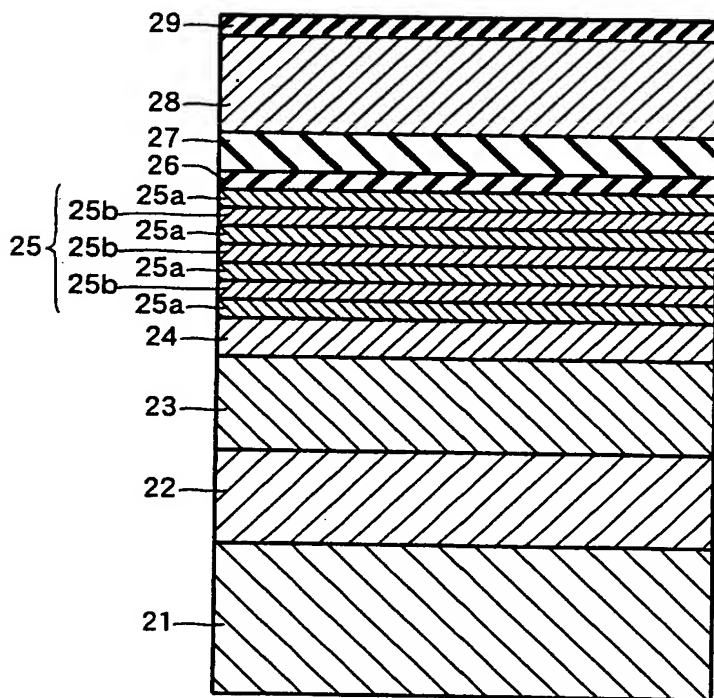
【図 5】



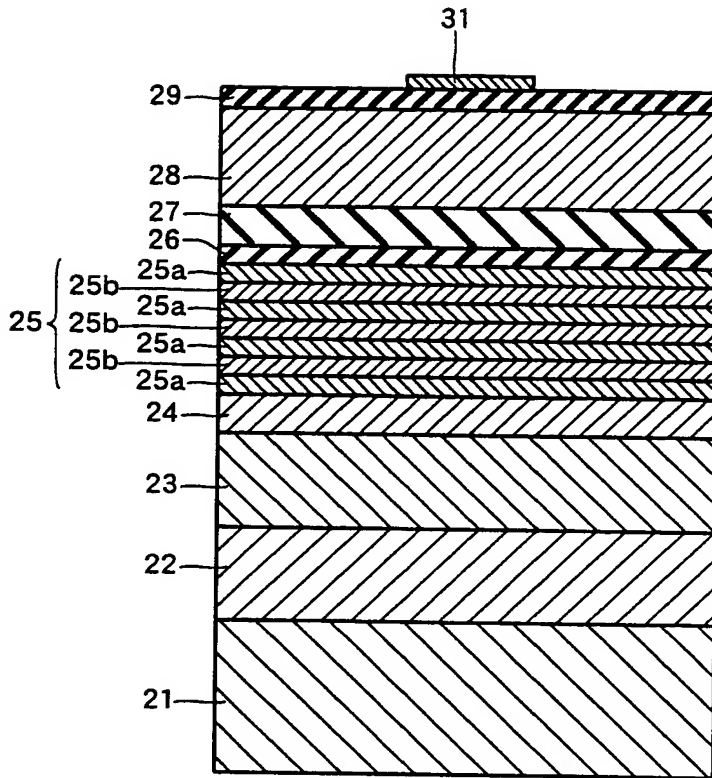
【図 6】



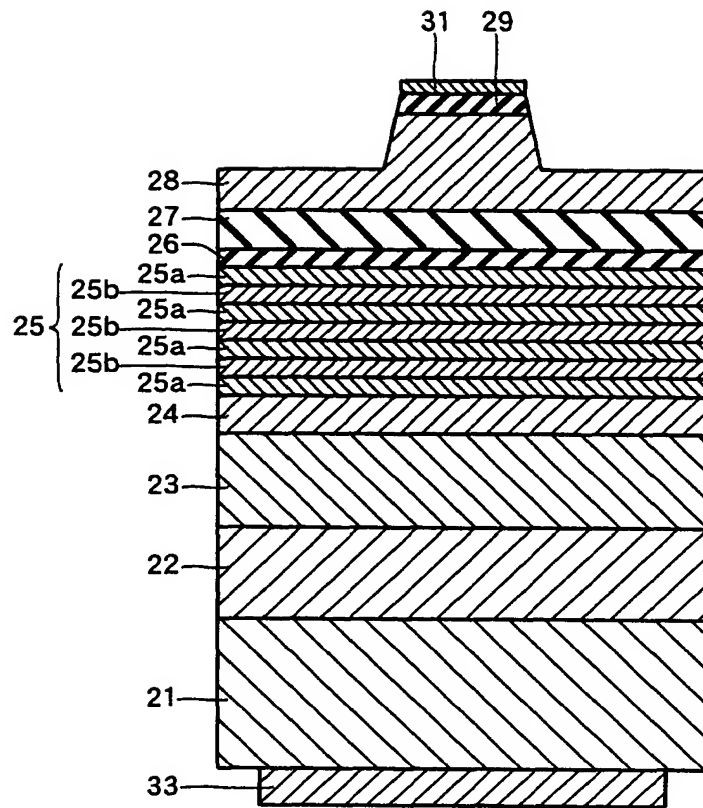
【図 7】



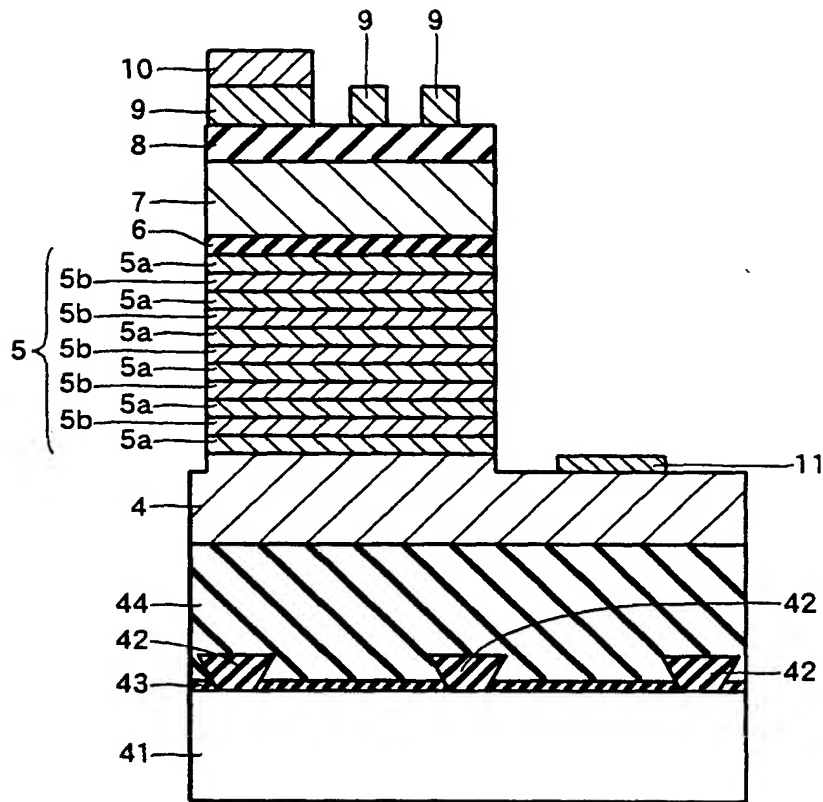
【図 8】



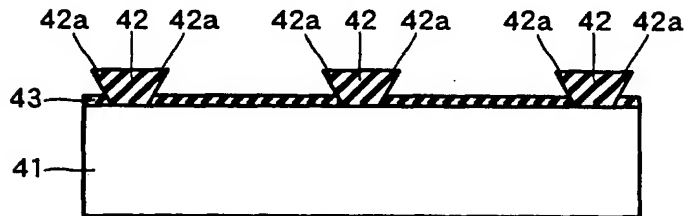
【図 9】



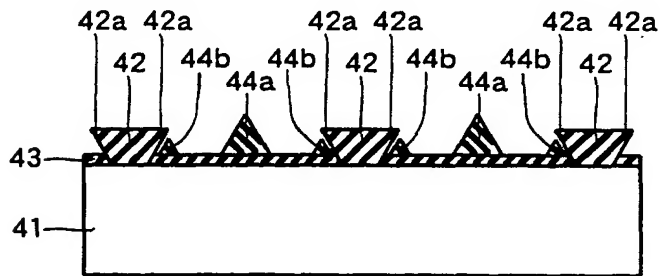
【図 10】



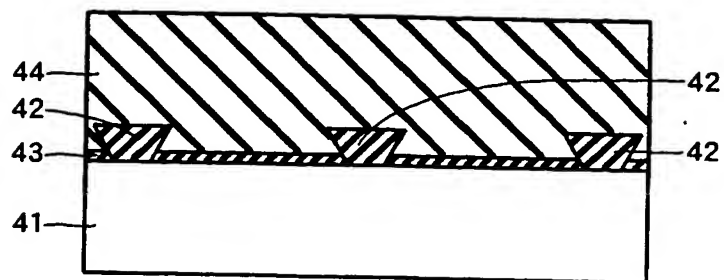
【図 11】



【図 12】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コンタクト層での光吸収損失を低減することによって、発光効率を向上させることが可能な窒化物系半導体素子を提供する。

【解決手段】 この窒化物系半導体発光素子は、サファイア基板 1 上に形成された n 型コンタクト層 4 と、 n 型コンタクト層 4 上に形成され、窒化物系半導体層からなる MQW 活性層 5 と、 MQW 活性層 5 上に形成された p 型クラッド層 7 と、 p 型クラッド層 7 上に形成されたアンドープコンタクト層 8 と、 アンドープコンタクト層 8 上に形成された p 側電極 9 とを備えている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日 1993年10月20日

[変更理由] 住所変更

住 所 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

氏 名 三洋電機株式会社